

## POWER SEMICONDUCTOR MODULE AND MOTOR DRIVE SYSTEM EMPLOYING THE SAME

Patent number: JP2000091499

Publication date: 2000-03-31

Inventor: TANBA AKIHIRO; OGAWA TOSHIO; YAMADA KAZUJI

Applicant: HITACHI LTD

Classification:

- International: H01L25/07; H01L25/18

- european:

Application number: JP19980257835 19980911

Priority number(s):

Also published as:



EP1115154 (A1)



WO0016398 (A1)



US6313598 (B1)

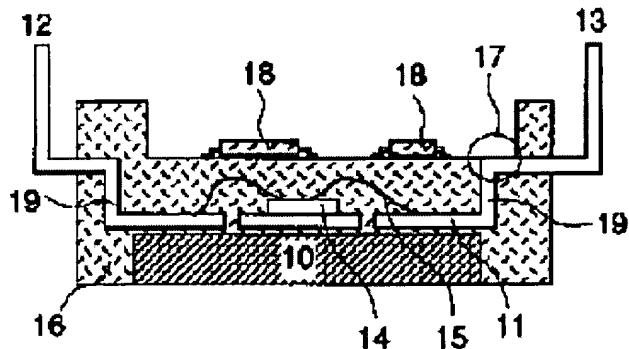


JP2000091499 (A)

### Abstract of JP2000091499

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a high function power semiconductor module at low cost.

**SOLUTION:** This power semiconductor module comprises a power semiconductor element 14 mounted on a metal base 10 which is included in a power circuit part, a first resin 16 for molding the power semiconductor element, a control circuit element 18 located on the first resin and included in at least a part of a control circuit, and a control terminal 13 connected with a power circuit part, while having an exposed part 17 on the surface of the first resin where a part of the control circuit is connected with the power circuit part at the exposed part of the control terminal. This structure realizes a how-cost resin mold power semiconductor module which is capable of making control circuit part highly functional.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-91499

(P 2000-91499 A)

(43) 公開日 平成12年3月31日(2000.3.31)

(51) Int. C1.<sup>7</sup>

H 01 L 25/07  
25/18

識別記号

F I

H 01 L 25/04

マーク(参考)

C

審査請求 未請求 請求項の数 23 O L

(全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-257835

(22) 出願日 平成10年9月11日(1998.9.11)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 丹波 昭浩

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式  
会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 小川 敏夫

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式  
会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 山田 一二

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式  
会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

(54) 【発明の名称】パワー半導体モジュール並びにそれを用いた電動機駆動システム

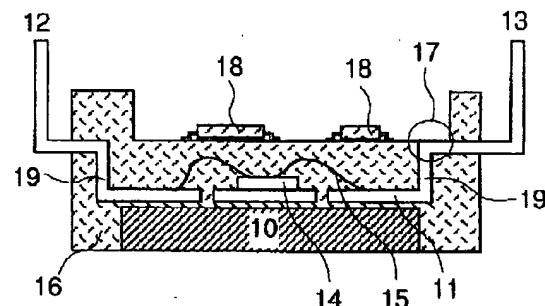
### (57) 【要約】

【課題】低コスト性を有する高機能パワー半導体モジュールを提供する。

【解決手段】パワー回路部に含まれ金属ベース10上に搭載されるパワー半導体素子14と、パワー半導体素子をモールドする第1の樹脂16と、第1の樹脂上に位置し、少なくとも制御回路の一部に含まれる制御回路素子18と、パワー回路部に接続され、第1の樹脂の表面上に露出部17を有する制御端子13と、を有し、制御回路の一部が制御端子の露出部においてパワー回路部と接続される。

【効果】制御回路部の高機能化が可能で、低コストの樹脂モールド型パワー半導体モジュールが実現できる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】パワー回路部と、前記パワー回路部を制御するための制御回路部と、を備えるパワー半導体モジュールであって、  
金属ベースと、  
前記パワー回路部に含まれ、前記金属ベース上に絶縁体を介して搭載されるパワー半導体素子と、  
前記金属ベースの表面が露出するように、前記パワー半導体素子をモールドする第1の樹脂と、  
少なくとも前記制御回路の一部に含まれ、前記第1の樹脂上に位置する制御回路素子と、  
前記パワー回路部に接続され、前記第1の樹脂の外部に取り出される主端子と、  
前記パワー回路部に接続され、前記第1の樹脂の表面上に露出部を有する制御端子と、を有し、  
前記制御回路の前記一部が、前記制御端子の前記露出部において、前記パワー回路部と接続されることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項2】請求項1において、前記第1の樹脂が凹部を有し、前記制御回路素子が前記凹部底面に位置することを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項3】請求項1において、前記パワー半導体素子がリードフレーム上に接着され、前記リードフレームが前記金属ベース上に前記絶縁体を介して搭載されることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項4】請求項3において、前記主端子及び前記制御端子が、前記リードフレームの一部であることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項5】請求項1において、前記絶縁体が前記第1の樹脂の一部であることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項6】請求項1において、前記第1の樹脂がトランസフアモールドされることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項7】請求項1において、前記制御回路素子が回路基板に接着され、前記回路基板上の電極と前記制御端子の前記露出部とが電気的に接続されることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項8】請求項1において、さらに前記制御回路素子と前記第1の樹脂とをモールドする第2の樹脂を有することを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項9】請求項8において、前記絶縁体が前記第2の樹脂の一部であることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項10】請求項8において、前記第2の樹脂がトランｽフアモールドされることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項11】請求項1において、さらに他の制御回路素子を有し、前記他の制御回路素子は、前記金属ベース上に前記絶縁体を介して搭載され、前記第1の樹脂によ

ってモールドされることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項12】請求項1または3において、前記絶縁体が樹脂シートであることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項13】請求項7において、さらに他の制御回路素子を有し、前記他の制御回路素子が、前記回路基板における前記制御回路素子が接着される面とは反対側の面において、前記回路基板に接着されることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項14】請求項7において、前記回路基板上の前記電極と前記制御端子の前記露出部とがはんだ付けによって接続されることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項15】請求項7において、さらに、前記回路基板上に接着される外部端子を有することを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項16】請求項1において、前記制御回路の前記一部が、前記第1の樹脂の表面に位置する金属配線によって、前記パワー回路部と接続されることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項17】請求項2において、さらに、前記凹部内に第2の樹脂が充填されていることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項18】請求項2において、さらに、前記凹部を覆う蓋を有することを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項19】請求項3において、前記絶縁体が樹脂シートであり、前記金属ベースの側面が露出していることを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項20】金属ベースと、  
パワー半導体素子を含み、前記金属ベース上に絶縁体を介して設けられるパワー回路部と、  
前記金属ベースの表面が露出するように、前記パワー半導体素子をモールドする第1の樹脂と、  
前記パワー回路部に接続され、前記第1の樹脂の外部に取り出される主端子と、  
前記パワー回路部に接続され、前記第1の樹脂の表面上に前記パワー回路部に制御回路部を接続するための露出部を有する制御端子と、を有することを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項21】電動機と、前記電動機を駆動するインバータとを備え、  
前記インバータが、請求項1において前記パワー回路部がインバータ回路であるパワー半導体モジュールで構成されることを特徴とする電動機駆動システム。

【請求項22】請求項21において、さらに前記インバータに接続されるコンバータを備え、  
前記コンバータが、請求項1において前記パワー回路部がダイオードブリッジであるパワー半導体モジュールで

構成されることを特徴とする電動機駆動システム。

【請求項23】請求項21において、さらに前記インバータに接続されるコンバータを備え、前記コンバータが、請求項1において前記パワー回路部がアクティブコンバタ回路であるパワー半導体モジュールで構成されることを特徴とする電動機駆動システム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、パワー半導体モジュールにおいて、周辺回路を内蔵させる構造に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】パワー半導体モジュールを低コスト化する一つの手段として、ICパッケージと同様に、トランスファモールドでパッケージを製造することが考えられる。この場合の従来例として、図3、図20に断面構造を示す例が挙げられる。

【0003】図3は、IGBT、フライホイールダイオード(FWD)を各々6素子、及び、IGBTのゲートドライブIC(各種保護回路内蔵)4チップをリードフレーム11上に搭載しトランスファモールドした、ドライバ内蔵IGBTモジュール(3相インバータモジュール)である。ベアチップパワー素子(IGBT, FWD)14、及び、ベアチップゲートドライブIC30を、パワー系端子12、制御端子13を兼ねた同一リードフレーム11上に搭載し、A1ワイヤ15で電気的接続後、熱硬化性樹脂31でトランスファモールドする(第一モールド)。しかる後、放熱板10と共に再び熱硬化性樹脂32でトランスファモールドする(第二モールド)。また、リードフレーム11と放熱板10の絶縁は、熱硬化性樹脂32で第二モールド時に同時に進行。従って、熱抵抗低減のために熱硬化性樹脂32はアルミナフィラを多量に含んだ樹脂である。

【0004】以上のように、本従来技術によると、Siチップ以外の使用部品は、リードフレーム11、放熱板10、及び、封止樹脂のみであり、低コストで製造できる利点がある。

【0005】図20はパワー素子を搭載したハイブリッドICの例である。すなわち、図3に示すドライバ内蔵IGBTモジュールよりも高機能化した従来例である。リードフレーム200上にベアチップパワー素子14、厚膜回路基板(アルミナ)202を搭載している。厚膜回路基板202にはフリップチップされたIC201が搭載され、厚膜抵抗等と高機能回路が形成されている。パワー素子14と厚膜回路基板202はA1ワイヤ15でリードフレーム200と接続され、熱硬化性樹脂16でトランスファモールドされる。本従来技術は、図3の場合と異なり、リードフレーム200のみでなく厚膜回路基板202を導入しているため、高機能化できる特徴がある。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記、従来のトランスファモールド型パワーモジュールは、モジュールの高機能化と製造コスト削減の両立、さらにはモジュール信頼性の面で以下の問題を持っている。

【0007】図3に示した従来技術の場合、電気的配線パターンはリードフレーム11のみで行う。従って、部品数は極めて少なく、製造工程も極めて簡略化できるため、製造コスト的には配慮された構造となっている。しかししながら、パワー系端子12を低抵抗化するため、リードフレーム11の板厚を薄くすることはできず、リードフレーム11において微細なパターンを作ることができない。したがって、搭載できる制御回路は、微細パターンを必要としない回路に限定される。つまり、図3の場合のようにゲートドライブICのみを搭載した、ドライバ内蔵IGBTモジュール程度になる。また、ゲートドライブIC30は放熱を考慮しなくても良いため、本来、リードフレーム11上にある必要のない部品である。従って、ゲートドライブIC30の領域だけモジュール面積を増大させており、小型化がキーポイントになるトランスファモールドの場合、製造コスト的には不利となる。

【0008】一方、図20に示した従来構造の場合、パワー系端子を構成するリードフレーム上に、制御回路として、厚膜回路基板202を搭載するため、制御回路に微細パターンを容易に作ることができる。従って、MPU等、高機能なICも組み込むことが可能である。しかしながら、リードフレーム200の面積が大きくなり、製造コスト的には前述の場合と同様な問題がある。

【0009】さらに、図3、図20共通の課題として、両者ともノイズに弱いことが挙げられる。制御回路とパワー素子が同一リードフレーム上に載っているため、リードフレーム、または、放熱板を介してパワー素子14と制御回路(ゲートドライブIC30、または、厚膜回路基板202)が容量結合され、パワー素子14の電位変化によるノイズを受けやすいのである。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記従来技術の問題点を考慮してなされたものであり、高機能ながらも、低コスト性または高信頼性を有するパワー半導体モジュールを提供する。本発明によるパワー半導体モジュールは、パワー回路部に含まれ、金属ベース上に絶縁体を介して搭載されるパワー半導体素子と、金属ベースの表面が露出するようにパワー半導体素子をモールドする第1の樹脂と、を有する。第1の樹脂上には、少なくとも制御回路の一部に含まれる制御回路素子が位置する。さらに、本パワー半導体モジュールは、パワー回路部に接続され、第1の樹脂の表面上に露出部を有する制御端子を有し、少なくとも制御回路の一部が、制御端子の露出部において、パワー回路部と接続される。

【0011】本発明によれば、パワー半導体素子をモールドする第1の樹脂上に制御回路素子が位置するので、パワー回路部の構成に影響されることなく制御回路部を高機能化することができる。しかも、本発明によるパワー半導体モジュールは、樹脂モールド型であることにより、低コストで製造することができる。また、金属ベース上に搭載されるパワー半導体素子をモールドする第1の樹脂上に制御回路部が位置するので、制御回路部がパワー回路部のノイズの影響を受け難くなる。従って、信頼性が改善される。

【0012】上記の本発明によるパワー半導体モジュールによりインバータまたはコンバータ等の電力変換装置を構成することができる。このような電力変換装置により電動機が駆動される電動機駆動システムは、低コストまたは高信頼性を有する。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】本発明の実施例を、以下図面を使用して詳細に説明する。

【0014】(実施例1) 図面を使用して本発明による一実施例を説明する。図1は断面構造模式図である。IGBT等のパワー半導体素子14はリードフレーム11上にはんだ接着され、A1ワイヤ15の超音波ワイヤボンディングでリードフレーム11とパワー半導体素子14は電気的に接続される。パワー系端子(主端子)12と入力端子(制御端子)13は、パワー半導体素子14が搭載されたリードフレーム11で構成される。これは、使用するリードフレームを一枚として、部品コスト、及び、製造コストを削減するためである。本実施例において、リードフレーム11の板厚は、パワー系配線の低抵抗化のために0.8mmと厚くしている。リードフレーム11上に接着されたパワー半導体素子14は、放熱板である金属ベース10と何らかの手段で絶縁されなければならない。本実施例では、熱硬化性樹脂16で絶縁し、金属ベース10と共にトランスマウルドされている。リードフレーム11と金属ベース10のギャップは絶縁耐圧の信頼性を確保できる範囲で可能な限り薄くしなければならない。金属ベース10に接続される放熱フィンで、効率良くパワー半導体素子14の熱を放熱するためである。このような点を考慮し、本実施例では、リードフレーム11と金属ベース10の間の熱硬化性樹脂16の厚さは0.4mmとしている。

【0015】リードフレーム11はフィンからの距離を確保して対地絶縁を確実にするために、パッケージ(PKG)内で一度垂直に立ち上げられている(領域19)。

【0016】PKG上面には6mm程度の凹部が形成されており、制御端子13は、領域19によって凹部底面に一部が露出される(領域17)。PKG上面の凹部はパワー半導体素子14を制御するための回路を配置するための領域であり、18は制御回路素子である。この制御

回路部は、領域17でパワー半導体素子14の制御端子に電気的に接続される。以上の構成で、パワー半導体素子のみが封止されたパワーモジュールと同じ平面寸法で、各種制御機能を盛り込んだ、いわゆる高機能パワーモジュールが実現できる。

【0017】図2はPKG上面からみた平面構造模式図を示している。制御回路素子18、及び、その封止材は省略している。領域20が制御回路搭載領域であり、領域17に外部入力端子13及びその他の制御端子が露出している。領域20の熱硬化性樹脂16の表面には制御回路素子用配線となる金属箔が形成されている。図より明らかのように、PKG平面サイズの殆どの領域が制御回路搭載領域とするために、従来のインテリジェントパワーモジュール(IPM)の様にゲートドライブICのみでなく、それをコントロールするMPU等の搭載も可能になる。図6はリードフレームの一例である。パワー回路部が、IGBT40, FWD41(フリーホイールダイオード)を各々6個搭載した3相インバータである、3相インバータモジュールの例である。図6(a)はIGBT40, FWD41、及びA1ワイヤ15を示した平面模式図、同図(b)は断面図である。リードフレームを接続するタイバー61は一部のみを示している。図中、ゲートワイヤ62、制御系エミッタワイヤ63が接続されているリードフレームの端子名は、図5の等価回路図の端子名と対応している。その他の制御端子60は外部入出力端子である。図より明らかのように、パワー系配線、制御系配線は一枚のリードフレームで構成される。リードフレームの大きさは概略6cm×5cmである。特徴的なのは、入出力端子60を、領域17で制御回路と接続するために、IGBT40, FWD41に直接接続されないにもかかわらず、リードフレームとして構成している点である。

【0018】(実施例2) 図4はIGBT40, FWD41と、IGBTを駆動するゲートドライブIC42、及び、その周辺回路から構成されるゲートドライブ回路内蔵IGBTモジュールの実施例である。図5のシステム構成図では領域50で示す部分である。図5においては、53がゲートドライブ回路である。

【0019】実施例1と同じく、リードフレーム11にパワー半導体素子であるIGBT40, FWD41をはんだ接着し、A1ワイヤ15で電気的接続を行い、熱硬化性樹脂31で樹脂封止する。この封止されたPKG45上面には制御端子13の一部が露出している(領域46)。PKG45を構成する樹脂31は、比較的線膨張係数の大きい(16~20ppm/°C程度)ものである。放熱板10への熱伝導を考慮する必要がなく、アルミナフィラを多量に含む必要がないからである。アルミナフィラは封止する半導体チップへダメージを与え、不良を引き起こす危険性があるため、この線膨張係数の大きい樹脂31は高歩留りへも配慮されている。制御回路はプリント

回路基板(PCB)43で構成され、主な制御回路素子としてゲートドライブIC42がPCB43上にはんだ接着されている。このPCB43がPKG45上に熱硬化性のシリコーン接着材で接着され、PCB43上に設けられている電極パタンと制御系リードフレームをA1ワイヤ44でワイヤボンディングすることにより、制御回路とIGBTが電気的に接続される。もちろん、このA1ワイヤは金線でも構わない。このPCB43が接着されたPKG45と、放熱板であるA1ベース10全体がトランスファモールドされている。このトランスファモールド樹脂32は、樹脂31と異なり、アルミナフィラを多量に含んだ高熱伝導率のものである。トランスファモールド樹脂32をリードフレーム11とA1ベース10の絶縁手段としても使用しているため、放熱性を高めるためである。また、リードフレーム11とA1ベース10のギャップは0.2mmをしている。

【0020】本実施例モジュールの短辺方向の長さは約2cmであり、ゲートドライブICをリードフレーム上に搭載した従来例の3.5cmと比べて大幅に小型化することができる。

【0021】(実施例3)ゲートドライブICを制御するPWM信号生成等の機能を担当するMPUを内蔵する場合の実施例を図7に示す。図5に示すシステム構成図の領域51に相当するモジュールである。図7は断面構造模式図である。なお、図5において、MPUは54である。

【0022】構成は実施例2に示した場合と全く同様である。図3に示した従来技術と異なり、PCB43を搭載しているため、微細配線パタンが容易に形成できる。従って、微細配線パタンを必要とするMPU70もPCB43上に容易に搭載できる。また、PKG45全面に配置したPCB43はMPU70を搭載する領域を十分確保できるため、PCB43が大きくなることはない。したがって、モジュールサイズも増大することではなく、短辺方向の長さは約2cmとすることができる。

(実施例4)制御ICであるMPU70と異なり、ゲートドライブIC42は回路規模が小さく、端子数も少ない。従って、図3に示す従来技術と同様に、リードフレーム上にゲートドライブICを配置して図5の領域51の機能を実現したモジュール例を図8に示す。断面構造を示している。

【0023】リードフレーム11にIGBT40, FWD41をはんだ接着し、さらに、ペアチップゲートドライブIC30を接着する。A1ワイヤ15でリードフレーム11、パワー半導体素子、ゲートドライブIC30間の電気的接続を行い、熱硬化性樹脂31で樹脂封止する。この封止されたPKG82上面には、これまでの実施例と同様、制御端子13の一部が露出している。制御回路はPCB43で構成され、制御回路素子としてMPU70、チップ抵抗80、チップコンデンサ81等が搭載さ

れている。本実施例の場合、図7に示した場合と異なり、PCB43はMPU70及びその周辺回路のみとなるため、MPUとしてはより高度の機能を持ったものを搭載可能であり、ゲートドライブICのみの従来例とは異なり、大幅に高機能化した使い勝手の良いモジュールが実現できる。

【0024】(実施例5)これまでの実施例は、リードフレーム11、すなわちパワー半導体素子とA1ベース10の絶縁を封止樹脂で行う場合であった。この場合の利点は、特別な絶縁材を使用する必要がないので製造コストが低減できることである。しかし、熱抵抗の大幅な低減が難しい。樹脂の流動性を確保するために、混入させるアルミナフィラの量に限りがあるため、熱伝導率を大幅に大きくできないこと、及び、樹脂がリードフレーム下に確実に充填できるように、ギャップを比較的大きな値、例えば0.2mm以上必要であるためである。そこで、熱抵抗を低くできる実施例を図9に示す。本図は、これまでと同じく、断面構造模式図である。

【0025】IGBT40, FWD41、ペアチップゲートドライブIC30を樹脂封止したPKG82の上面に制御回路を構成するPCB43を接着して、A1ワイヤ44で接続する構造は、実施例4と同様である。本実施例の特徴は、リードフレーム11とA1ベース10を絶縁する熱圧着絶縁シート90である。本シートはアルミナフィラを多量に含んだ極薄い(例えば0.12mm)樹脂で形成されている。

【0026】A1ベース10を加熱しながら、PKG82をA1ベース10に加圧することにより、両者は接着される。前述の特徴より、熱抵抗は大幅に低減できる。封止樹脂で絶縁した実施例1~4の場合、定格15AのIGBTのジャンクションからA1ベースまでの熱抵抗R<sub>th(j-c)</sub>は2.5°C/Wであるが、本実施例の場合、R<sub>th(j-c)</sub>=1.8°C/Wである。以上より、本実施例は、フィンの高さを大幅に低減できる等、システム製造コストの大幅な削減に有利である。

【0027】(実施例6)これまで説明した実施例は、制御回路をPCBで構成した場合で、かつ、部品の実装はPCBの片面のみの場合であった。この主な理由は確実にPCB裏面を接着するためである。PCBに部品を高密度実装する場合、PCB両面に部品をはんだ接着するのが一般的である。モジュールを小型化、高機能化して製造コストの低減や信頼性向上を図る本発明によるパワー半導体モジュールでも、PCB両面実装を実現できれば、より発明の効果を顕著にできる。図13、図14は、この目的に応えた実施例である。図13は断面構造模式図を、図14は搭載するPCB裏面の電極パッドを模式的に示したものである。

【0028】リードフレーム11上にはんだ接着したパワー半導体素子14を熱硬化性樹脂31でトランスファモールドしたPKG45はこれまでの実施例と同様の構

造である。本実施例固有の構造は、PKG45上面、すなわち熱硬化性樹脂31の上面に形成された、深さ3mm程度の凹部130である。制御回路を構成するPCB43には、図示のように制御回路IC18の他、多数のチップ抵抗80、チップ容量81等の面実装部品が搭載されている。その中で、チップ抵抗80、チップ容量81等の受動素子はPCB43裏面にはんだ接着されている。PCB43をPKG45上面に配置する際に、これら部品を配置するための窪みが前述の凹部130である。チップ抵抗80、チップ容量81の厚さは通常1mm程度であり、深さ3mm程度であれば十分である。もちろん、裏面にその他の部品、例えばICPKGを実装する場合には、その厚みに応じた深さにしなければならない。この凹部130存在で、両面実装されたPCB43は安定して配置することができる。

【0029】本実施例のもうひとつの特徴は、PCB43とリードフレームの接続法である。前実施例では、ワイヤボンディングで行っているが、本実施例では、領域131でPCB43をリードフレームにはんだ接着している。PCB43裏面に、図14に示すように、リードフレームで構成されたパワー半導体素子14の制御端子13へ接続するための電極パッド140が形成されている。これらのパッドの幅は接着されるリードフレームの幅と概略同一する。本実施例では2mmである。これらのパッドとリードフレームをクリームはんだで接着する。電極パッド140以外の部分はソルダレジスト141が塗付されており、安定したはんだ接着を実現できる。このはんだ接着はPCB43の固定も同時に進行する。すなわち、本実施例ではPCB43接着用の接着材は必要とせず、領域131でPCB43の固定も兼ねている。

【0030】(実施例7) 通常のドライバ内蔵IGBTモジュールは、4電源(ハイサイド:3電源、ローサイド:1電源)必要である。しかしながら、電流容量の小さい(例えば20A以下)ゲートドライブIC内蔵IGBTモジュールにおいて、システムコスト削減を目的として、ゲートドライブICを高耐圧化し、ブーストストラップ回路と呼ばれる回路(図5中59)を利用することにより、1電源とすることが知られている。このブーストストラップ回路を内蔵する実施例を図15に示す。

【0031】IGBT40、FWD41、ペアチップゲートドライブIC30を搭載したリードフレームを封止したPKG82はこれまで説明した実施例と同様である。本実施例では、PKG82上面のPCB43に、ブーストストラップ回路を面実装で搭載している。図15中の153、152、154はそれぞれ図5の高耐圧ダイオード153、チップ容量152、チップ抵抗154である。また、本実施例では、ブーストストラップ回路の他にも、電流検出用シャント抵抗150をPCB43上に搭載している。このシャント抵抗150はパワー系端子12のグランド端子であるN端子に直列に接続され、シャント

抵抗両端の電圧で電流値を検出するものであり、領域151でN端子を構成するリードフレームを切断し、チップ抵抗150を接続して内蔵している。

【0032】本実施例によれば、ブーストストラップ回路内蔵のドライバ内蔵IGBTモジュールが、モジュールサイズを増大することなく実現できる。また、制御電源端子はローサイドの電源端子のみとなり、ハイサイドの電源端子は必要でない。つまり、従来より制御端子が6ピン少ないモジュールが実現できる。

【0033】(実施例8) 図16は高度に高機能化、高集積化したゲートドライブICを搭載した実施例の断面構造模式図を示している。

【0034】これまで説明したPKG45上面に、ペアチップゲートドライブIC30搭載用の窪み160を形成している。例えば3相インバータモジュールの場合で、各IGBTを一つのゲートドライブICで駆動する場合、この窪み160は1モジュール中に6個形成される。また、窪み内の熱硬化性樹脂31の表面にはゲートドライブIC30用の配線が銅メッキで形成されており、このメッキ配線は入出力端子13まで接続されている。メッキ厚さは一般的なPCB上銅パタンと同じ35μmであり、制御回路として、配線抵抗が問題となることはない。IC30から銅メッキ配線への接続は金線のワイヤボンディングで行っている。この窪み160の目的は2点ある。第一点は、ゲートドライブIC30の搭載位置決めを容易に行うことであり、第二点は、搭載位置をIGBT40あるいはFWD41の真上とし、ゲートドライブIC30に温度検出手段を内蔵して、各素子温度の検出を行うことである。通常のドライバ内蔵モジュールは、この温度検出手段は1個/モジュールである。この場合、モータロック等で、あるアームに電流が集中した場合、温度検出手段から遠い素子は保護できないという問題がある。本実施例の場合、各IGBT直近の温度検出手段を内蔵したゲートドライブIC30で保護できるため、この問題を解決できる。さらに、電流検出手段をゲートドライブIC30に内蔵して、IGBT40、FWD41に流れる電流を検出して、相電流を検出することもできる。

【0035】(実施例9) 図19に示した構造は、制御系の外部入出力端子をリードフレームとは別の端子で構成した実施例である。リードフレーム11上にIGBT40、FWD41、ペアチップゲートドライブIC30を搭載し、熱硬化性樹脂16でトランスマーブルドする。この際、制御系リードフレームの一部がPKG上面に露出されるのは、これまでの実施例と同じである。これまでの実施例と異なるのは、トランスマーブルド後、制御系のリードフレーム11はPKG端で全て切断されることである(領域191)。本PKG193は前述の熱圧着シート90でA1ベース10と接着される。外部入出力端子はPKG193上面に配置されるPCB43上にはんだ接着さ

れている。端子190が外部入出力端子である。この端子は、例えば0.63mm角で2.54mmピッチの端子ブロックで構成される。この端子ブロックをユーザ対応で様々な構成に容易にできる。PCB43とリードフレームで構成された制御端子の電気的接続は図13、図15の場合と同様に、PCB裏面の電極パッドとリードフレームの接着で行っている。さらに、本実施例では、PCB43搭載後の全体の封止は、熱可塑性樹脂であるポリフェニレンサルファイド(PPS)192を行っている。外部入出力端子190がPCB43上に垂直に形成されているため、トランスファモールドすることは困難なためである。熱可塑性樹脂は流動性が悪いため、ワイヤボンディングされたパワー半導体素子をモールドすることは困難だが、本実施例のように、熱硬化性樹脂16であらかじめ素子が封止されている場合は、問題とならない。

【0036】(実施例10)これまでの実施例は、PKG内でリードフレームを上方に垂直に折曲げて、PKG上面に露出部を形成し、PKG上面に配置した制御回路を接続するものであった。この構造の長所は、リードフレームと制御回路の電気的接続が容易なことである。一方、単純にPKGの外で、一度だけリードフレームを垂直に折曲げる場合と比べて、リードフレームの製造コストが若干増大すること、及び、折曲げ精度の問題で、トランスファモールドが困難になる可能性があることが短所である。これらの短所を改善した実施例を図11、図12に示す。

【0037】図11は断面構造模式図である。パワー半導体素子14がリードフレーム11にはんだ接着され、A1ワイヤ15でリードフレーム11と電気的に接続される。このリードフレーム11はパワー系端子12、制御系端子13を兼ねている点はこれまでの実施例と同様であり、厚さは0.8mmである。このパワー半導体素子14が搭載されたリードフレーム11が熱硬化性樹脂31でトランスファモールドされ、PKG112が形成されている。PKG112はこれまでの場合と異なり、リードフレーム11はPKG中で垂直に折曲げられることではなく、PKG底面でPKG112側面へ出ている。PKG112上面111にはベアチップゲートドライブIC30、及び、ベアチップマイコン110が接着されている。本実施例では、これらの制御回路素子と制御系リードフレームの電気的接続を、銅メッキ配線を3次元的に行って実現している。

【0038】本実施例のモジュール内部を一部露出させた模式的鳥瞰図を図12に示す。銅メッキ配線をPKG111上面111のみでなく側面にも形成して、リードフレームで構成された制御端子13に接続している(配線120)。また、配線120と制御回路素子との接続は金線ワイヤボンディングで行っている。以上の様に制御回路をパワー回路部に接続した後、熱硬化性樹脂32でA1ベース10との絶縁、及び、全体の封止を行うのは既述

の実施例と同様である。

【0039】以上の構造で、リードフレームの構造を簡略化できる。

【0040】(実施例11)図17は、他の実施例の断面構造模式図を示している。

【0041】IGBT40、FWD41はリードフレーム11上にはんだ接着され、ベアチップゲートドライブIC30もリードフレーム11上に接着される。A1ワイヤ15の超音波ワイヤボンディングでリードフレーム11とIG

10 BT40、FWD41は電気的に接続され、さらに、A1ワイヤ44でIGBT40、ゲートドライブIC30、リードフレーム間が接続される。A1ワイヤ15、44の違いは線径である。パワー系配線であるA1ワイヤ15は大きな電流容量を必要とするため直径300μmであり、制御系であるA1ワイヤ44は直径300μmより細いワイヤ、例えば100μmとしている。パワー系端子(主端子)12と入力端子(制御端子)13は、パワー半導体素子が搭載されたリードフレーム11で構成されているのは実施例1と同様である。また、リードフレーム12の厚み、PKG上面の深さ6mm程度の凹部、PKG内部でリードフレームを垂直に立ち上げること、等も実施例1と同様である。MPU70が搭載されたPCB43と制御系リードフレームとの接続は、図8の場合と同様である。

【0042】本実施例の特徴は、リードフレーム11とA1ベース10の絶縁を図9で示した熱圧着シートで行っていること、及び、制御回路素子が接着されたPCB43の封止手段として熱硬化性樹脂170のポッティングを行い凹部内が樹脂170で充填されていることである。前者の理由は、図1の場合の様に封止樹脂でリードフレーム11とA1ベース10の間の絶縁を確保しながら熱抵抗を低減するためであり、後者は、制御回路部はパワー回路部と異なり封止にそれほど信頼性を要求されないため、より簡便な方法を採用して製造を容易にするためである。

【0043】(実施例12)図18は実施例11の変形例である。

【0044】実施例11、12の場合、ゲートドライブIC30はリードフレーム11上に搭載されているため、PCB43にはMPU70、チップ抵抗80等の低電圧素子のみが搭載される。従って、高電圧がPCB43の配線に印加されることはない。よって、一部高電圧が印加される制御端子13部の絶縁距離を十分にすれば、PCB43上の空間を樹脂封止しなくても良い。そこで、本実施例では、凹部を覆うような蓋180を接着材で固定する構造としている。

【0045】(実施例13)図21は、実施例11の変形例である。

【0046】実施例11ではパワー半導体素子、ゲートドライブICが搭載されたリードフレームを熱圧着シ

トでA1ベースに接着して全体をトランスファモールドしている。この際、キーとなるのは、リードフレーム1の熱圧着である。リードフレーム11はプレス加工で製造するため、パタン面が完全に平坦にすることは難しい。このパタン間で凸凹した面を、厚さわずか0.12mmの熱圧着樹脂シート90に加圧するため、部分的にシート90が破れ、リードフレームがA1ベース10にショートする危険性がある。この危険性を少しでも構造的に低減した場合が本実施例である。

【0047】リードフレーム11から上の構造は図17に示した実施例と同様である。本実施例では、A1ベース10を含まずに、リードフレーム11を底面として熱硬化性樹脂16でトランスファモールドしている。すなわち、A1ベース10の側面が熱硬化性樹脂で被覆されない。リードフレーム11は、モールド時に金型に押し付けられるため、平坦性が向上する。また、厚さ0.8mmのリードフレームの大部分がPKG内にモールドされているため、リードフレームエッジで熱圧着樹脂シート90にダメージを与える危険性も少なくなる。さらに、本実施例では完成したPKGを放熱板に熱圧着するため、PKG内IGBT, FWDの電流容量あるいは損失によって、放熱板10の厚さ等を自由に変えられる特徴もある。さらには放熱板10の代わりに、放熱フィンを接着することもできる。

【0048】(実施例14)これまでの実施例は、リードフレーム上にパワー半導体素子、ゲートドライブICを配置してトランスファモールドした場合であった。電流容量20A以下の小容量モジュールを製造する場合、PCBの樹脂部をA1等の金属として放熱性を向上した、メタルコアプリント回路基板(メタルコアPCB)の使用も一般的である。図10は、このようなメタルコアPCBを利用した実施例を示す。

【0049】モジュール底部の基板100がメタルコアPCBである。メタルコアPCBは、A1板に80μm程度の銅箔を樹脂シートで接着、絶縁したものである。IGBT40, FWD41, ベアチップゲートドライブIC30をメタルコアPCB100上の銅箔パタンにはんだ接着している。主電流が流れるIGBT40, FWD41, 銅箔パタン間の電気的接続は線径300μmのA1ワイヤ15で行い、制御系配線(IGBT40, ゲートドライブIC30, 銅箔パタン間)は線径100μmのA1ワイヤ44で行っている。各種半導体チップ、その他がはんだ接着されたメタルコアPCB100の周間に、リードフレームで構成された、パワー系端子12, 制御端子13がはんだ接着される。本実施例では、IGBT40, FWD41はメタルコアPCB100上の銅箔パタンに直接はんだ接着されているが、熱抵抗をさらに小さくする場合は、厚さ1mm程度の銅板(熱拡散板)に半導体チップをあらかじめはんだ接着し、この熱拡散板を銅箔パタンにはんだ接着する。これにより、熱拡散板中で熱が拡がるため、熱抵抗が減少す

る。パワー系端子12, 制御端子13はこれまでの実施例と同じように上方に一度垂直に立ち上げられ、熱硬化性樹脂16でトランスファモールドされる。このPKG上面には、制御回路搭載用の凹部が形成され、端子13の一部が底面に露出しているのもこれまでと同様である。本実施例の特徴は、トランスファモールドされるモジュールの一階部に、より高度な制御IC等を搭載するために微細パタンが必要な場合に対応できることである。

10 【実施例15】図22は2階領域の制御回路基板を搭載しない場合の実施例である。基本的に図18の制御回路基板43を取り去った構造となっている。パワーモジュールのユーザーによっては、制御回路を指示してパワーモジュールメーカーに製造、搭載させる代わりに、制御基板搭載領域を確保したIGBTモジュールを要求する場合が考えられる。本実施例はこの場合に対応した例である。制御回路接続領域17を形成し、モジュール蓋180とセットでユーザーに提供することになる。ユーザーは必要に応じ、搭載した制御回路基板をポッティング封止して使用することもできる。

20 【0050】従来構造モジュールの端子に制御回路基板を差しこみ、はんだ接着して使用する場合との相違は、本構造とすることによって、パワーモジュールをコンパクトにでき、装置の小型化に寄与できることである。

【0051】(実施例16)これまで説明してきた高機能モジュールの電動機駆動システムへの適用例について説明する。

【0052】図23はインバータエアコン、冷蔵庫、洗濯機等のモータに主に使用される、ブラシレスモータの駆動装置の実施例である。機能ブロック図で示してある。単相100Vまたは200V電源233を、ダイオードブリッジ220、平滑コンデンサ224で直流電圧に変換する。電源電圧配線(P配線)225、グランド(N)配線226にはDC-DCコンバータ221が接続されており、IGBTのゲートドライブ用電源(15V)227、及び、システム制御MPU223用電源(5V)228が作られる。モジュール222がこれまで説明してきた高機能モジュールであり、3相インバータ回路を構成するパワーリード部の他に、保護機能付ゲートドライブIC、ブーストストラップ回路、PWM生成機能等の基本機能MPU、15Vから5Vを生成する回路、等が内蔵されている。この高機能モジュールにシステム制御MPU223から速度指令信号230を入力し、PWM信号231、フルト信号229をモニタしながらモジュール222を制御し、ブラシレスモータ232を制御する。なおMPU223はモジュール222に内蔵されていてもよい。

40 【0053】以上の様に、高機能モジュール222を使用することにより、ユーザは速度指令信号230のみを制御すればよく、従来のIGBT駆動信号(PWM信号)を制御する場合と比べて、モジュールの制御は大幅

に簡略化され、ブラシレスモータ232を駆動させる以外のソフトウェア等に注力できるメリットがある。

【0054】(実施例17)ブラシレスモータ駆動装置の他の実施例を、図23と同様、機能ブロック図で図24に示している。図23と異なる点のみを説明する。

【0055】本実施例の特徴は、アクティブコンバータモジュール234とインバータモジュール244である。モジュール234は、パワー回路部であるダイオードブリッジ以外に、力率改善を目的として、P配線225、N配線226間をショートさせるショッピング回路、及びそのショッピング回路の制御ICが内蔵されている。そこで、モジュール234には制御回路の電源として、5V電源配線228が接続されている。インバータモジュール244には、前実施例で説明した機能以外に、高電圧から15V電源を作るDC-DCコンバータが内蔵されている。つまり、制御電源を自給しているのである。そこで、モジュール244には外部から制御電源は接続されていない。

【0056】モジュール234は、トリップ信号235を検知しながら電圧指令信号236で制御される。

【0057】本実施例の特徴は、力率が改善されノイズが減少するのはもちろん、モジュール244が制御電源を自給しているために、モジュール244の外部配線が極めて簡略化され、装置が小型化されていることである。

【0058】(実施例18)インダクションモータ241駆動装置の実施例を、図25(機能ブロック図)を使用して説明する。

【0059】3相200V電源をアクティブコンバータモジュール243、平滑コンデンサ226を使用して直流電圧(P配線225、N配線226)に変換する。モジュール243は、3相インバータモジュールと同様に6組の逆並列接続されたFWDとIGBTからなるパワー回路部であるアクティブコンバタ回路、ゲートドライブIC、その制御MPU、及び、高電圧から15Vの制御電圧を形成するDC-DCコンバータ、ブーストストラップ回路、で構成された高機能モジュールである。インバータ部は実施例17と同じく制御電源を自給する高機能インバータモジュール244である。従って、DC-DCコンバータ221はシステム制御MPU223のみの制御電源(5V)を作るので使用される。インバータモジュール244の制御信号はこれまでの実施例と全く同様であり、アクティブコンバータモジュール243は、コンバータ制御信号242で制御される。

【0060】本システム構成で、コンバータ、インバータ両者にIGBTを使用した高機能な構成であるにもかかわらず、本発明により、各モジュールが非常にコンパクトに製造されているために、従来装置と比べて大幅に小型化できる。

【0061】

【発明の効果】本発明によれば、高機能ながらも、低コスト性または高信頼性を有するパワー半導体モジュールを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による一実施例の断面構造模式図。

【図2】図1の実施例の平面構造模式図。

【図3】従来例の断面構造模式図。

【図4】ドライバ内蔵IGBTモジュールの一実施例。

【図5】高機能化したIGBTモジュールの等価回路。

【図6】図4のリードフレーム形状の一実施例。

【図7】マイコン内蔵IGBTモジュールの一実施例。

【図8】マイコン内蔵IGBTモジュールの他の実施例。

【図9】高熱伝導接着シートを使用した場合の実施例。

【図10】メタルコアプリント基板を使用した場合の実施例。

【図11】パッケージ樹脂上に3次元印刷で制御回路配線した場合の実施例。

【図12】図11の3次元配線の説明図。

【図13】プリント基板両面実装に対応した実施例。

【図14】図14に示した実施例に使用されるPCBの模式図。

【図15】電流検出用シャント抵抗、ブーストストラップ回路用ダイオード、容量、抵抗を内蔵した場合の実施例。

【図16】IGBTチップ真上に制御チップ配置用の窪みを形成した場合の実施例。

【図17】2階部の制御回路をポッティングで封止した場合の実施例。

【図18】2階部を蓋で覆った場合の実施例。

【図19】制御端子をPCB上に配置した実施例。

【図20】従来例の断面構造模式図。

【図21】パッケージを放熱板に接着した場合の実施例。

【図22】制御回路基板を搭載しない場合の実施例。

【図23】ブラシレスモータ駆動装置の実施例。

【図24】ブラシレスモータ駆動装置の他の実施例。

【図25】インダクションモータ駆動装置の実施例。

【符号の説明】

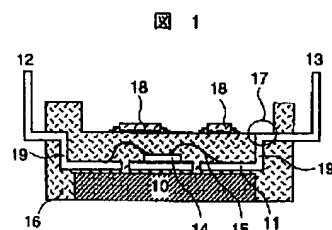
10…放熱板、11、200…リードフレーム、12…主端子(パワー系端子)、13…制御端子、14…パワー半導体素子、15、44…アルミワイヤ、16、31、32…トランスマモールド用熱硬化性樹脂、17…制御端子露出部、18…制御回路素子、19…端子垂直立ち上げ領域、20…制御回路実装領域、40…IGBT、41…フリーホールダイオード(FWD)、30、42、53…ゲートドライブIC、43…プリント回路基板、45…パワー回路部PKG、46…制御回路、リードフレーム間ワイヤボンディング部、50…システムモジュール(ゲートドライブIC内蔵)、51…ス

50

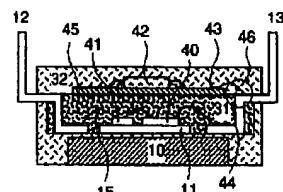
テムモジュール（ゲートドライブIC、MPU内蔵）、52…システムモジュール（ゲートドライブIC、ブートストラップ回路、シャント抵抗内蔵）、54、110…MPU、55…コントローラ、56…MPU制御信号、57…ドライバIC制御信号、58…制御電源、59…ブートストラップ回路、60…入出力端子、61…タイバー、62…ゲート配線ワイヤ、63…制御回路用エミッタ配線ワイヤ、70…MPU、80…チップ抵抗、81…チップコンデンサ、82、193…パワー回路部+ゲートドライブIC封止PKG、90…高熱伝導絶縁樹脂シート、100…メタルコアプリント基板、101…はんだ、111…部品搭載面、112…リードフ

レーム+パワー半導体素子のPKG、120…3次元銅メッキ配線、130…PCB両面実装用窓み、131…PCB、リードフレーム接着部、140…リードフレーム、PCB上配線接着用パッド、141…ソルダレジスト、150…電流検出用シャント抵抗、151…電流検出用シャント抵抗接続部、152…ブートストラップ回路用容量、153…ブートストラップ回路用ダイオード、154…ブートストラップ回路用抵抗、160…制御回路実装用窓み、170…ポッティング樹脂、180…パッケージの蓋、190…制御端子（入力端子）、191…パワー回路制御端子、192…熱可塑性樹脂、201…制御IC（ベアチップ）、202…厚膜回路基板。

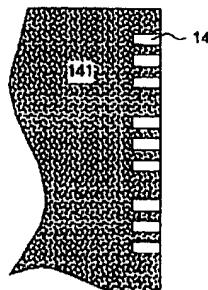
【図1】



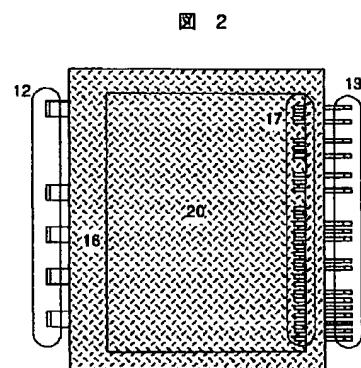
【図4】



【図14】



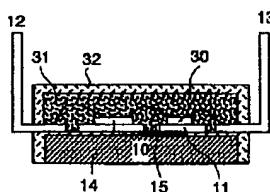
【図2】



【図4】

【図2】

【図3】



【図3】

【図5】

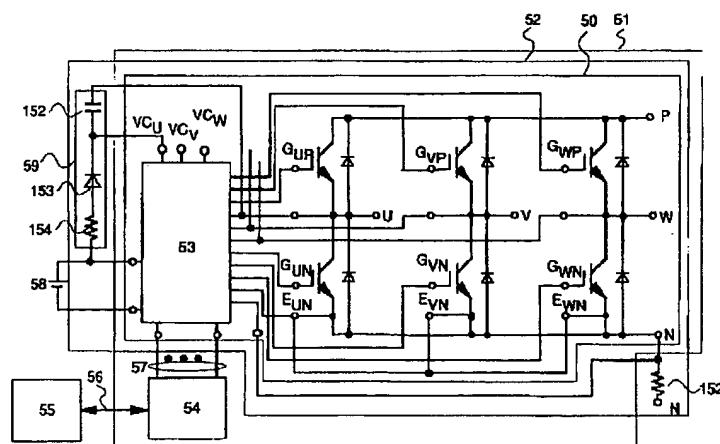
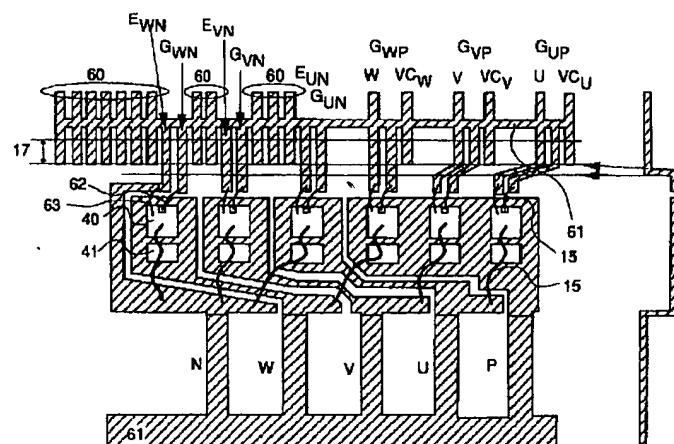


図14

図5

【図6】



(a)

【図7】

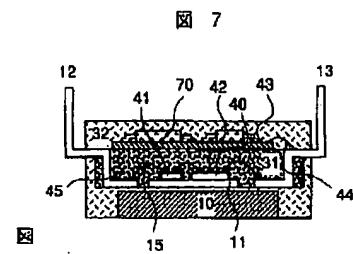
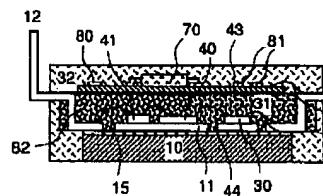


図 7

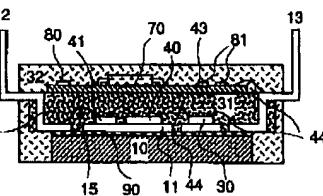
【図8】

図 8



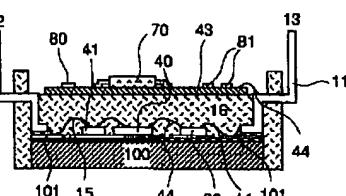
【図9】

図 9



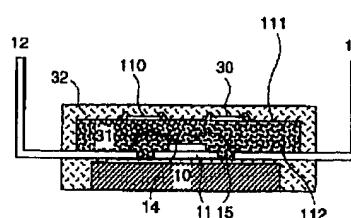
【図10】

図 10



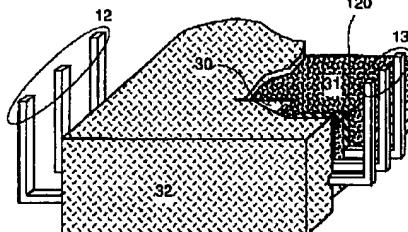
【図11】

図 11



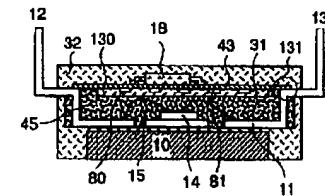
【図12】

図 12



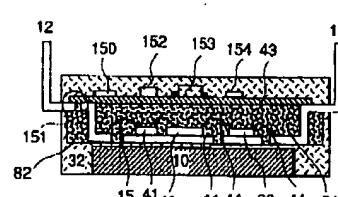
【図13】

図 13



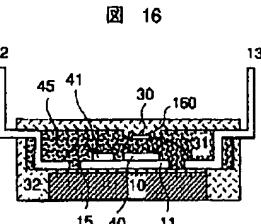
【図15】

図 15



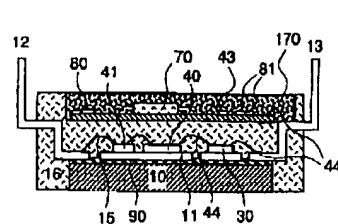
【図16】

図 16



【図17】

図 17



【図18】

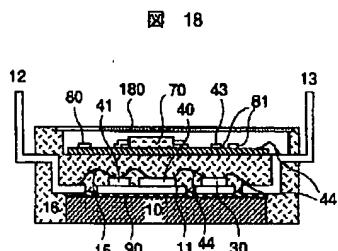


図 18

【図19】

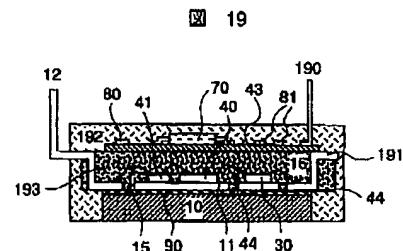


図 19

【図20】

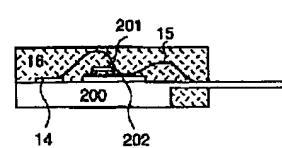


図 20

【図21】

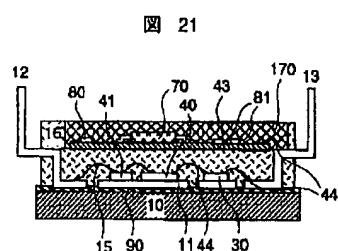


図 21

【図22】

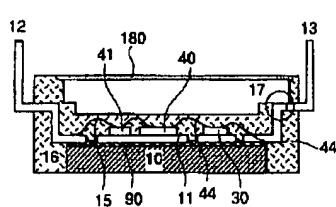
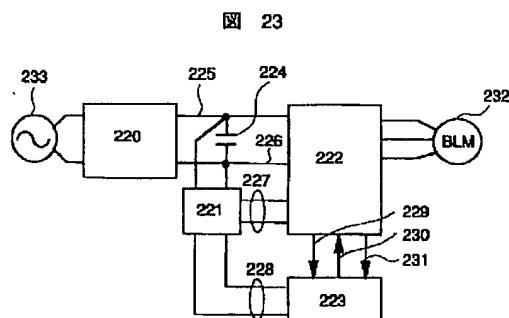
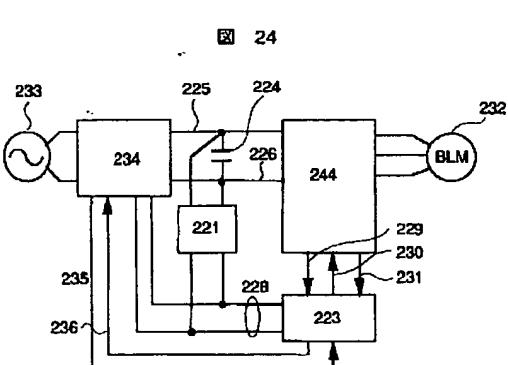


図 22

【図23】



【図25】



【図24】

図 23

図 24

図 25

